

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：12102
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2014～2015
課題番号：26540095
研究課題名(和文)熱放射を利用した触覚ディスプレイの研究

研究課題名(英文)Thermal Radiation Based Haptic Display

研究代表者
嵯峨 智(Saga, Satoshi)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：10451535

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：我々は手による創造性を実現するインタラクションの一形態として、熱放射を利用する手法を提案、侵害性の刺激を忌避するヒトの特性とあわせて利用することで、高速な応答性をもつ空間知覚を実現するシステムを実装した。システムに熱放射および可動鏡を利用することで、高速な応答性、簡便な機構、強い感覚量の提示を実現することを示した。実装されたシステムによる実験を通じ、空間制御された熱放射に応じ、「やわらかい感覚」や「平面を感じた」という感覚が、空間中のある領域に固定されることを確認した。また、システムのキャリブレーション手法についてコンピュータビジョンによる手法を提案し、精度のよい位置あわせを実現した。

研究成果の概要(英文)：When a human places his hands over a source of heat, his hands become warm owing to thermal radiation. In this research, we employ spatially controlled thermal radiation to display a virtual shape. At a temperature near the nociceptive temperature, a person will tend to avoid a heated region. Using this space, our proposed system displays the virtual shape-like region. Using the prototype system, we held experiments and revealed that the spatially-controlled thermal radiation realized spatially fixed sensation of "softness" or "plane."
In addition, we proposed a calibration method of the system with the computer vision technologies, and realized a precise alignment.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：触覚ディスプレイ 熱放射

1. 研究開始当初の背景

現在、スマートフォンの普及とともに触覚技術への期待が増大している。しかし、触覚を介した変形を伴う対象とのインタラクションは力覚ディスプレイなど限定された点での情報提示しか実現できていない。我々は対象との変形を伴うインタラクションのための新たな多自由度非拘束力覚ディスプレイとして、熱放射を利用した力覚ディスプレイを提案する。現在 Kinect などジェスチャ入力を可能とするインタフェースの開発により、空間的な入力を支援する枠組みが利用されるようになってきた。

しかし、Kinect をバーチャルな粘土造形に利用しようという例もあるが、空間的な入力に対するフィードバックは視覚のみで力覚的なフィードバックがないため、直感性に欠ける部分も存在する。何も無い空間に力を感じさせる手法としては、空気砲や超音波フェイズドアレイによる手法があげられるが、これらは応答性に欠ける、提示可能な力が小さいなどの問題がある。

我々はこれらの背景のもと、これまでの触覚ディスプレイでは実現できなかった多自由度かつ指などへの装置の拘束がなく、高速な応答性をもち、触覚フィードバックを伴うインタラクティブな操作を実現する錯触覚ディスプレイを提案する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、熱放射を利用し、空間中で仮想物体を提示する錯触覚提示装置を実現することである。触覚を介した変形を伴う対象とのインタラクションは、粘土細工を筆頭に、無から有を作り出すことができる人間の最も根源的な創造の形とも言える。多自由度かつ拘束なし、高速な応答性をもつ仮想物体とのインタラクションシステムを実現することで、情報化された仮想物体への直感的インタラクションを容易なものとし、人の創造性を促進するデバイスのための触覚提示手法の確立を目指す。

我々は、触覚を介した変形を伴う対象とのインタラクションを実現するため、熱放射を利用する手法を提案する。熱放射とは、放射される電磁波により伝わる熱である。この熱を制御し、手など皮膚に当てることで応答性の高い熱提示が可能になる。さらに侵害性の刺激を忌避するヒトの特性とあわせて利用することで、熱で忌避する空間を対象の形と認識させること狙う。これにより、これまでのディスプレイでは実現できなかった多自由度かつ拘束なし、高速な応答性をもつ空間知覚を実現し、さらに、錯触覚で問題となる視覚情報と齟齬を生じない、視触覚情報を同一空間で扱えるディスプレイを目指す。

3. 研究の方法

近年、スマートフォンの普及とともに触覚技術への期待が増大し、触覚技術はデジタル

メディアへの直感的なアクセスを実現しはじめた。しかし未だ表示された仮想物体そのものに触れる、操作するといったインタラクションは、直感的とは言えないものに留まっている。しかし触覚を介した変形を伴う対象とのインタラクションは、人間の最も根源的な創造の形とも言える。このように、触覚フィードバックを伴うインタラクティブな操作をデジタルに実現することで、人の創造的活動を促すことができると我々は考える。そこで我々は空間中で仮想物体との触覚フィードバックを伴う直感的かつインタラクティブな操作を実現し、人の創造性を促進するデバイスのための触覚提示手法の確立を目指す。

空間中で触覚フィードバックを伴うインタラクティブ操作を実現する手法としては、力覚ディスプレイの筆頭である PHANToM を利用し触覚を介して直接的な立体造形を実現したものもあるが、多くの立体造形は 3D CAD のように、マウスやキーボード操作による間接的なものが主である。一方、Kinect などジェスチャ入力を可能とするインタフェースの開発により、空間的な入力を支援する枠組みが利用されるようになってきた。Kinect をバーチャルな粘土造形に利用しようという例としては Cho, et al. による Turn などがあげられるが、多くの場合、空間的な入力に対するフィードバックは視覚のみで力覚的なフィードバックがないため、直感性に欠ける部分も存在する。そして、何も無い空間に力を感じさせる手法としては、Sodhi, et al. による空気砲を用いた手法や Hoshi, et al. の超音波フェイズドアレイによる手法があげられるが、応答性に欠ける、提示可能な力が小さいなどの問題がある。

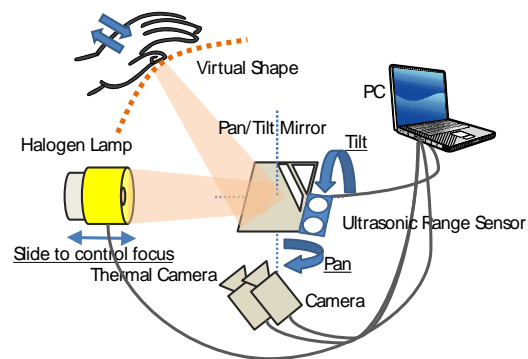


図 1: Thermal Radiation System

そこで我々は空間中での錯触覚提示のため、熱放射を用いることを提案する。熱放射とは、放射される電磁波により伝わる熱である。この熱を制御し、手など皮膚に当てることで応答性の高い熱提示が可能になる。さらに侵害性の刺激を忌避するヒトの特性とあわせて利用することで、熱で忌避する空間を対象の形と認識させること狙う。これにより、多自由度かつ拘束なし、高速な応答性をもつ空間知覚、およびインタラクティブな操作を実現する力覚ディスプレイを目指す。

4. 研究成果

我々は手による創造性を実現するインタラクティブの一形態として、熱放射を利用する手法を提案、システムを提案、実装し、基礎的な提示実験を行った。また、システムのキャリブレーション手法についてコンピュータビジョンを利用した手法を提案し、精度のよい位置あわせを実現した。



図 2: Overview of Thermal Radiation System

提案システムとして熱放射および可動鏡を利用することで、高速な応答性、簡便な機構、強い感覚量の提示を実現することを示した。そして、人に対象の形状情報を伝える手法として、熱放射を利用する手法を提案した。侵害性の刺激を忌避するヒトの特性とあわせて利用することで、高速な応答性をもつ空間知覚を実現するシステムを実装した。手形状計測手法について比較検討を行い、熱画像センサと可動式超音波センサを用いた制御手法について設計、実装した。

提案システムを利用した熱放射による基礎的な実験として、熱放射による 45 付近での感覚変化についてのアンケートによる実験を実施した。熱制御のない状態では、「やわらかい」「円柱でおしあげられるよう」など、触覚を想起させる興味深いコメントを確認できた。その後、掌の温度および距離に応じた制御を加えたシステムを利用した結果、「やわらかい感覚」や「平面を感じた」という感覚が、空間のある領域に固定されることを確認した。

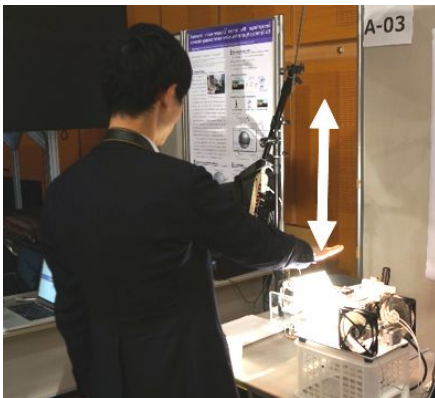


図 3: Experiment Overview

また、システムは、熱光源および超音波センサ、熱画像カメラと、多くの座標系が混在している。これらを精度よくキャリブレーションするため、コンピュータビジョンによるキャリブレーション手法を提案し、高精度に座標系間の位置関係をキャリブレーションできることを確認した。

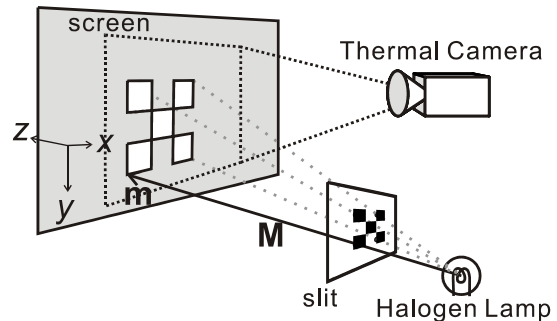


図 4: Calibration Method

今後は提案した高精度にキャリブレーションされたシステムを用い、空間中での形状提示実験を実施する予定である。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 13 件)

- [1] Takahiro Shitara, Yuriko Nakai, Haruya Uematsu, Vibol Yem, Hiroyuki Kajimoto, Satoshi Saga. Reconsideration of Ouija Board Motion in Terms of Haptics Illusions. In Proceedings of EuroHaptics2016, 2016.07.06. London, UK (To appear)
- [2] Satoshi Saga. Calibration Method of Thermal Radiation Based Haptic Display. In Proceedings of EuroHaptics2016, 2016.07.06. London, UK (To appear)
- [3] 設楽 幸寛, 中井 優理子, 植松 遥也, Yem Vibol, 梶本 裕之, 嵯峨 智. 観念運動を用いた擬似力覚提示の検討(第2報) —指置き型デバイス 2.5 次元ディスプレイでの検証—. In インタラクティブ 2016 予稿集, pp. 2C54, 2016.03.03. 科学技術館 (東京都千代田区)
- [4] 嵯峨 智. 熱放射を利用した触覚ディスプレイの空間温度制御手法. In 第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, 2015.12.14. 名古屋国際会議場 (愛知県名古屋市)
- [5] 嵯峨 智. 熱放射を利用した触覚ディスプレイの質感と提示方式の検討. In 第 16 回触覚の提示と計算研究会予稿集, 2015.11.25. 立命館大学 びわこ・くさつキャンパス (滋賀県草津市)
- [6] 嵯峨 智. 熱放射を利用した力覚ディスプレイの空間温度制御. In 日本バーチャルリアリティ学会第 20 回大会論文集, pp. 287-289, 2015.09.10. 芝浦工業大学豊洲キャンパス (東京都港区)
- [7] Satoshi Saga, Ryota Oki, Shusuke Kawagoe, Wanjia Zheng, Jiacheng Sun. Constantine

- Stephanidis (ed.). AR-Technology-Based Locationing System for Interactive Content. In Proceedings of International Conference, HCI International 2015, pp. 519-524, 2015.08.05. (Los Angeles, USA)
- [8] Satoshi Saga. Thermal Radiation Based Haptic Display :Basic Concept. In Proceedings of IEEE World Haptics 2015, 2015.06.23. (Evanston, USA)
- [9] 嵯峨 智. 熱放射を利用した触覚ディスプレイの実装. In 第15回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2014.12.17. 東京ビッグサイト (東京都江東区)
- [10] 嵯峨 智. 熱放射を利用した力覚ディスプレイシステムにおける手形状追跡. In 第13回力触覚の提示と計算研究会, 2014.11.09. 福井大学 敦賀キャンパス (福井県敦賀市)
- [11] Satoshi Saga. HeatHapt: Thermal Radiation Based Haptic Display. In Haptic Interaction: Perception, Devices and Applications (Proceedings of AsiaHaptics 2014), pp. 105-106, 2014.11.19. Epochal Tsukuba (Tsukuba, JAPAN)
- [12] 嵯峨 智. 熱放射を利用した力覚ディスプレイシステム的设计. In 日本バーチャルリアリティ学会第19回大会論文集, pp. 525-528, 2014.09.19. 名古屋大学 東山キャンパス (愛知県名古屋市)
- [13] 嵯峨 智. 熱放射を利用した触覚ディスプレイの熱制御手法. In Proceedings of the 2014 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Toyama, Japan, pp. 3P2-E05, 2014.05.28. 富山市総合体育館 (富山県富山市)

〔図書〕(計 1 件)

- [1] Hiroyuki Kajimoto, Satoshi Saga, Masashi Konyo (ed.). Pervasive Haptics. Springer, 2016. (To appear)

〔その他〕

ホームページ等

<http://saga-lab.org/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

嵯峨 智 (SAGA, SATOSHI)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：10451535